2002～2003

マシンセーフティ
カタログ

the machine safety specialist

Visit Banner On-Line at
www.bannerengineering.co.jp

- 完全な製品情報
  — 光電センサ
  — 精密測定・検査用センサ
  — 安全関連製品
- 最新の情報を集めた"What's New"ページ
- データシート、および図面を使って各製品を詳細に説明
- ダウンロード、またはE-mailですぐに入手できる製品カタログ、製品ガイド、製品パンフレット

フランス語、スペイン語、ドイツ語、イタリア語、オランダ語、日本語による製品資料のダウンロード

アプリケーション例の表示・ダウンロード

技術資料、チュートリアル、400を超える製品マニュアル、およびデータシートのダウンロード

Banner 光電センサカタログ

15,000種類以上の光電センサに関する製品、および技術情報を700ページ以上にわたってまとめた業界随一の総合カタログ

Banner 精密測定・検査用製品カタログ

レーザー変位センサ、超音波式測長センサ、カメラベースセンサ、計測用エリアセンサなど先端の精密測定・検査用製品群

安全関連製品取扱説明書

安全関連製品取扱説明書には、動作の概要、設置方法、操作方法、トラブルシューティング、メンテナンス、点検手順が、図面、アクセサリーのリスト、システム全体の仕様、適用される規格リスト、使いやすい用語解説とともに記載されています。

取扱説明書の一覧は、(このカタログ内に記載される)個々の製品の交換用部品の項を参照して下さい。

3種類のカタログを1つのCD-ROMに

バナー・エンジニアリングの3種類のカタログを、取り扱いの簡単なCD-ROM1枚でご覧頂けます。15,000種を超えるBanner光電センサ、精密測定・検査用製品、安全関連製品がここにまとめられています。選りすぐったチャート、技術情報、用語解説も収めています。
お電話、お葉書、またはE-mailですぐにお申し込み下さい。

マシンセーフガード・ソリューション

- 業界一のセーフティエリアセンサの品揃え
- 幅広い用途に対応したセーフティモジュール
- セーフティ・インターロックスイッチの製品群
- 2,000名を超えるセールスエンジニア体制
- 100ヶ国以上におけるサポート

センシング・ソリューション

バナー・エンジニアリングは、光電、および特定用途センサにおける業界一の品揃えで、御社のどのようなアプリケーションにもソリューションを提供します。

- 15,000種以上の製品群
  - 光電センサ
  - レーザーセンサ
  - 超音波センサ
  - ファイバセンサ
- すべてのセンシング環境に対応するモデル
- 測定・検査用センサ

先進の生産技術

- 自動化された製造ライン
- 100%の性能テスト
- 特注品要求に対する素早い対応
- 超効率的な5か所の製造工場がどのような生産量にも対応
- 95%は3日以内で、その大半は数時間以内で出荷可能

マシンセーフガードの豊富な知識

- 本社で訓練を受けた販売グループ
- 専門のファクトリセーフティアプリケーションエンジニアが、常に待機
- 全製品が国際設計規格に準拠
- 地域のビジネスセンターによるカスタマーサポート

高品質・高生産量を保証する設備

本社
ミネソタ州ミネアポリス

ディストリビューションセンター
ミネアポリス工場
ミネソタ州ミネアポリス

ヒューロン工場
サウスダコタ州

アバディーン工場
サウスダコタ州

ファーガスフォールズ工場
ミネソタ州

R&D設計センター

当施設では最新の設備を使い、100人以上のエンジニアが最新の回路設計技術やソフトウェア開発等、光学・安全技術の研究に日々取り組んでいます。

優れたアプリケーションエンジニア

センシング、および安全技術のアプリケーションに精通した専門の技術者が、最高のソリューションをお届けします。

最良のフィールドチーム

バナー・エンジニアリングは、業界一を誇る販売ネットワークの広さでも良く知られています。御社のロケーションに関わらず、バナー・エンジニアリングのトレーニングを受けたサポートスタッフが最良のセンシング・安全ソリューションを提案いたします。

EZ-SCREEN™ グリッドシステム：2、3、4光軸光学式エリアガード

ペリメター、あるいはアクセスガード用EZ(イージー)スクリーン・グリッドシステム(ノンコンタクト・セーフティデバイス)で、危険な機械から従業員を保護します。アセンブリステーション、成型機、自動工作機、ロボットのワークセルなどに最適です。

- 光軸ピッチ300〜584mmの2、3、4光軸モデル
- 「信頼できる制御」に適合した自己診断機能を持つ多様重複性設計(IEC 61496-1、および-2に準拠したタイプ4)
- アンプ内蔵の投光器と受光器は光学的に同期
  - 外部コントローラ、あるいは同期ワイヤが不要
  - 設置は、手軽で低価格
- 多様重複性をコンセプトに設計されたOSSD(Output Signal Switching Device；出力信号スイッチングデバイス)；各OSSDの負荷容量はDC24Vにて最大0.5A
- ショートレンジモデル0.8〜20m、またはロングレンジモデル15〜70mの2モデル
- 狭い有効口径角度(EAA)により、最大70mの検出距離を実現

P.43をご参照下さい。

EZ-SCREEN™ ポイントシステム：経済的でハイパワーな光学式ペリメターガード

EZ(イージー)スクリーン・ポイントは経済的な1光軸のシステムで、グリッドシステムと同じ性能を持ちます。アセンブリステーション、ロボットのワークセル、自動工作機などの用途に設計されています。

- ショートレンジモデル0.8〜20m、またはロングレンジモデル15〜70mの2モデル
- ミラーとの組み合わせで2光軸のシステムとして機能(右の写真をご参照下さい。)
- 複数のEZスクリーンで、アプリケーションに合わせた光軸パターンを構成可能
- セーフティエリアセンサシステムの補助防護装置として使用可能

P.43をご参照下さい。

SSMシリーズ・ミラーとスタンド

SSMシリーズ・コーナーミラーを使用することで、1組の投受光器でエリアの複数の面をガード可能です。このミラーとスタンドは、EZスクリーン・システムと、マイクロスクリーン、およびミニスクリーン・シリーズ安全エリアセンサとの組み合わせ用に設計されています。特長は、

- 工業環境に対応した強固な構造
- 85%の効率性を持つ背面グラスミラー
- 100～1,900mmの範囲で14種類を用意

P.50、80、115、129をご参照下さい。

出力容量6Aのインターフェイス・モジュール

プライマリーセーフティデバイス・EZスクリーン用のインターフェイス・モジュールIM-T-9AとIM-T-11Aは、絶縁されたセーフティ出力を提供します。適切にインターフェイスすることで、自己監視型インターフェイス・モジュールの二重化されたノーマルオープンの強制ガイド式リレー出力により、危険部をコントロールする要素から電源を遮断します。

P.48をご参照下さい。

マイクロスクリーン／ミニスクリーン用ミューティングコントローラ

ミューティング・システムでは、設備を停止させずに防護エリアをパーツが通過することが可能になります。超小型マイクロスクリーン・システムの検出範囲は6m、または9mです。小型ミニスクリーン・システムの最大検出範囲は、モデルにより9m、または18mです。

- プログラミング可能な1方向、または双方向ミューティング
- デュアルマイクロプロセッサが信頼性を保証
- 1、または2チャンネル外部デバイスモニタリング(EDM)、またはモニタなしを選択可能
- 出力ミュート時も非常停止入力が機能（マイクロスクリーンのみ）
- 簡単に設定できる、1、または2光軸フローティング・ブランキング（マイクロスクリーンのみ）
- 光軸が合っているかをLEDの点滅周期で表示
- 2、または4個のミューティングデバイスからの入力を処理
- セレクタブルなミューティング表示ランプ機能
- オーバーライド入力

P.66、100をご参照下さい。

経済的なマイクロスクリーンVシリーズ投受光器

小型Vシリーズ投受光器は、最小検出体が重要視されない、危険物から遠く離れたアプリケーション向けのコスト効果・信頼性の高いソリューションです。Vシリーズ投受光器の最小検出体は31.8mmです。

- 610～1,829mmの7種類の防護高さを用意
- SSMシリーズ・コーナーミラー、およびスタンドと組み合わせて複数の面をガード

P.59をご参照下さい。

防爆エンクロージャ

投受光器用防爆エンクロージャは、可燃性のガス、液体、ほこりによる発火を防ぎます。NEC Article 500の Class I、Division 1、Group CとD、およびClass II、Division 1、Group E、F、Gに準拠した危険雰囲気で使用できます。

- 20、24、28インチの投受光器で使用可能（USE/R20～USE/R28, MSE/R20～MSE/R28）
- 本体：鋳造アルミカバー：切削アルミ

P.83と116をご参照下さい。

静電気放電対策投受光器

静電気放電対策を施したマイクロスクリーン投受光器は、危険な動きから人体を防護する他に、隣接する半導体やハードドライブが静電気の放電電圧で損傷することを防ぎます。

- 低抵抗／導電素材を使用
- ニッケルメッキのアルミ製ハウジング
- 静電気吸収ポリマーコーティング

P.78をご参照下さい。

3種類の接続方式

マイクロスクリーン、およびミニスクリーン・システム投受光器のケーブル端とコントローラ端子台は色分けされており、接続が一目で分かります。投受光器の接続方式は、下記の3種類からお選び頂けます。

- 7.6mのケーブル引き出しタイプ（マイクロスクリーンのみ）
- 300mmのピッグテールQDコネクタタイプ
- QDコネクタタイプ

P.78、110、111、128をご参照下さい。

ケーブル

ピッグテール
QDコネクタ

QDコネクタ

マイクロスクリーンとミニスクリーン用コントローラ

ラッチ出力タイプの マイクロスクリーン用DINコントローラ

- アクセスガード、およびペリメターガードに最適
- 手動リセットによるマシンサイクルの始動
- DeviceNet™対応モデルも用意

P.70と74をご参照下さい。

出力接点を4回路装備した マイクロスクリーン用DINコントローラ

- 機械一次制御要素2組を制御
- 二次開閉素子（SSD）付き

P.70と74をご参照下さい。

外部デバイスモニタリング機能付き マイクロスクリーン用DINコントローラ

- シングルチャンネル外部デバイスモニタリング
- EMI、およびRFIに対する高い耐ノイズ性
- 電源電圧DC24V

P.70をご参照下さい。

すべてのDINレール対応コントロール・モジュールの端子台が、標準で着脱式になりました

- 簡単な設置と交換
- 再配線不要なコントローラの移動、および交換

P.61と93をご参照下さい。

ラッチ出力タイプの ミニスクリーン用デュアルDINコントローラ

- ミニスクリーン投受光器を2セット制御
- 1光軸、または2光軸フローティング・ブランキング
- 非常停止入力
- ラッチ出力

P.108をご参照下さい。

ラッチ出力タイプのミニスクリーン およびマイクロスクリーン用 ミューティングコントローラ

- アクセスガード、およびペリメターガード用に防護を強化
- 各種ミューティング機能設定可能
- ミューティングセンサ用電源内蔵
- 1方向、または双方向ミューティング

P.66と100をご参照下さい。

出力容量6AのFSD＋ 補助接点付きミニスクリーン およびマイクロスクリーン用コントローラ

- 2×6Aノーマルオープン FSD
- 1×6Aノーマルクローズ補助接点
- 非常停止入力

P.62、66、98、100をご参照下さい。

自己診断機能付き タッチボタン

STBシリーズ光学式タッチボタンは、汎用のOTB（オプトタッチ）とフィット、形状、機能が同じですが、さらにデュアルマイクロプロセッサがベースとなった内部設計となっています。このボタンとDUO-TOUCH SG両手操作コントロール・セーフティモジュールとの組み合わせで、オペレータの手を効果的にガードします。

- 多様重複性に基づいたマイクロプロセッサベースの光学式タッチスイッチ
- LEDにより故障を表示する内部自己診断が連続的に動作
- 人間工学に基づく設計で、連続スイッチ操作時の手、手首、腕からのストレスを低減；
スイッチの起動に力が掛かりません。
- 周辺光、EMI、RFIの影響を受けない高い耐ノイズ性
- 高いエクセスゲイン（余裕度）で汚れにも強い

P.144をご参照下さい。

両手操作コントロール・セーフティモジュール

AT-FM-10K DUO-TOUCH SG両手操作コントロール・セーフティモジュールは、ノーマルオープン接点とノーマルクローズ接点を持った2つのメカニカルな手の平型押しボタン、または2つのSTBシリーズ・タッチボタンをモニタリングします。片方のスイッチがリリースされると、DUO-TOUCHモジュールのセーフティ出力がオープンします。

- 多様重複マイクロプロセッサ
- 二重化された強制ガイド式出力接点：定格は各6A
- 外部デバイスモニタ入力が機械の制御装置をモニタリング
- 表示LED×5個：電源、故障、入力1、入力2、出力表示
- AC/DC24V
- 安全カテゴリー4（EN 954-1）に準拠
- 欧州規格EN 574に準拠したファンクショナルタイプIIIC両手操作コントロールに対応した設計

P.142をご参照下さい。

セーフティモジュール：非常停止と拡張モジュール

非常停止セーフティモジュールは、マシンツールに停止コマンドを送信するか、または連続してサイクルが始動しないようにして非常停止（E-stop）回路の「信頼できる制御」を実現します。

ES-FA-6Gは、シングルチャンネルのノーマルクローズ非常停止スイッチ1回路をモニタリングします。

ES-FA-9AAは、デュアルチャンネルのノーマルクローズ非常停止スイッチ1回路をモニタリングします。

P.155をご参照下さい。

拡張モジュールは、非常停止セーフティモジュールや両手操作コントロールモジュールなどの上位デバイスの強制ガイド式リレー接点を拡張します。

EM-T-7Aは、二重化された出力4チャンネルを装備しており、端子台は便利な着脱式です。

EM-F-7Gは1チャンネルを制御します。

EM-FD-7G2/7G3/7G4は、NFPA 79とEN 418に準拠した、ファンクショナルストップ・カテゴリー1（制御付き停止）の用途向けです。

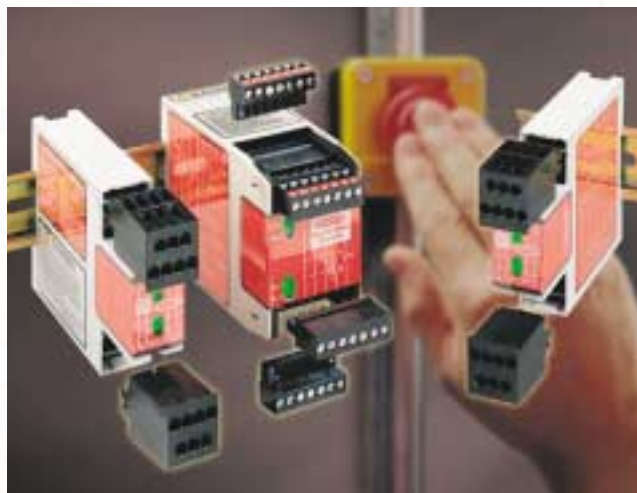
P.177をご参照下さい。

オフディレー付き
セーフティモジュール

オフディレーの非常停止セーフティモジュールは、ファンクショナルストップ・カテゴリー1の回路の「信頼できる制御」の実現を補助します。

セーフティモジュール**ES-TN-1H..**には、オフディレー時間0.5～20秒の範囲で9種類のモデルがあります。1チャンネル、または2チャンネル非常停止スイッチが使用できます。

オフディレー時間を設定可能な**非常停止セーフティモジュール**は、ノーマルクローズ非常停止スイッチ回路とセーフティゲートをモニタリングし、接点、または配線の不備を検出します。セーフティモジュール**ES-TN-1H5/1H6**のオフディレー時間は、それぞれ0～20秒、0～200秒です。

P.164をご参照下さい。

DeviceNet™対応
6入力、および10入力セーフティモジュール

ES-TA-3D1：6入力非常停止セーフティモジュールは、最大6回路のノーマルクローズ非常停止スイッチ回路をモニタリングし、接点、または配線の不備を検出します。

ES-TA-3F1：10入力非常停止セーフティモジュールは、最大10回路のノーマルクローズ非常停止スイッチ回路をモニタリングし、接点、または配線の不備を検出します。

共通の機能：

- 内蔵型DeviceNet™フィールドバスによるステータスと診断情報のモニタリング
- 多様重複入力モニタリング回路
- オートリセット、またはモニタ付きマニュアルリセットを選択可

P.166をご参照下さい。

ゲートモニタリング・セーフティモジュール

メカニカル・セーフティスイッチをモニタ

GM-FA-10Jゲートモニタリングモジュールは、メカニカル・セーフティスイッチの接点、または配線の不備をモニタリングすることで、セーフティゲート・ガードシステムの信頼性を高めます。スイッチ、または配線の問題が検出されると、モジュールがセーフティ出力をオープンし、機械を停止させます。

マグネット式セーフティスイッチをモニタ

GM-FA-10Jは、コード化されたマグネット式セーフティスイッチのモニタリングにも使用できます。接点、または配線に不備があると、モジュールはセーフティ出力をオープンし、機械を停止させます。

- LEDステータス表示×5個
- 出力2チャンネル
- 出力接点容量6A
- 着脱式端子台
- DIPスイッチによる機能切り替え
- 1、または2チャンネルに対応
- オートリセットとモニタ付きマニュアルリセット

P.171をご参照下さい。

最新のマグネット式セーフティスイッチ

SIシリーズマグネット式セーフティスイッチは、ガードがオープンすると機械の危険な動きを停止させます。3種類のスタイルからお選び頂けるこのスイッチは、エポキシ樹脂で密閉されたコンポーネントをポリイミドハウジングでカバーしたものです。スイッチは密閉されているため、連続した洗浄、ほこりのある環境に耐性があり、NEMA 4X、およびIEC IP67に準拠します。

88×25mmセンサ・マグネット、スイッチング距離：3mm/14mm、または8mm/16mm
SI-MAG1MM/SI-MAG1SM

- 最小スイッチング距離（OFF→ON）：3mm、または8mm
- 最大スイッチング距離（ON→OFF）：14mm、または16mm
- 88mm×25mmの三重にコード化したマグネットとセンサ
- フロントマウントの角型
- 4芯PVCケーブル3m

42×26mmセンサ・マグネット、スイッチング距離：4mm/8mm
SI-MAG2MM/SI-MAG2SM

- 最小スイッチング距離（OFF→ON）：4mm
- 最大スイッチング距離（ON→OFF）：8mm
- 42mm×26mmの三重にコード化したマグネットとセンサ
- サイドマウントの角型
- 4芯PVCケーブル3m

M30mmセンサ・マグネット、スイッチング距離：3mm/7mm
SI-MAG3MM/SI-MAG3SM

- 最小スイッチング距離（OFF→ON）：3mm
- 最大スイッチング距離（ON→OFF）：7mm
- 径30mmの三重にコード化したマグネットとセンサ
- 円柱型
- 4芯PVCケーブル3m

P.230をご参照下さい。

セーフティスイッチ

セーフティスイッチの強制乖離接点が、高い信頼性を実現し、ガードのオープン時にセーフティモジュールに停止信号を送ります。多様な設置が可能です。

電磁ロック式
LS42シリーズ
- アクチュエータ引き抜き強度は最大1,000ニュートン

P.217をご参照下さい。

リミットスイッチスタイル
SI-LS83とSI-LS100シリーズ
- 5種類のアクチュエータから選択

P.200をご参照下さい。

ロータリーヒンジ
アクチュエータスタイル
SI-LS31Rシリーズ
- ロータリーシャフトがドアのヒンジと連動

P.208をご参照下さい。

ヒンジレバーアクチュエータスタイル
SI-LS31Hシリーズ
- ドアやフラップ用に最適

P.210をご参照下さい。

インラインアクチュエータスタイル
SI-LM40シリーズ
- アクチュエータは、インラインとフレキシブルの2種類

P.204をご参照下さい。

フラットパックスタイル
SI-QS75/90シリーズ
- アクチュエータは、標準で4種類

P.191をご参照下さい。

フレキシブルインライン
アクチュエータスタイル
SI-LM40シリーズ
- アクチュエータは、スプリング懸架式

P.206をご参照下さい。

ロープ式非常停止スイッチ

ロープ式スイッチにより、非常時に貴重な時間を費やすことなく、どこからでも機械を停止させることができます。ロープ式スイッチを設置すると、非常停止スイッチに手が届かないといったことがなくなります。

- 全8型番
- ロープテンションのモニタリング
- オートリセットタイプとラッチタイプ
- ロープ長3.0～100m
- IP 65/NEMA 4に準拠
- UL、およびCSA認定

P.235をご参照下さい。

機械安全の実用ガイド

はじめに

機械安全規格は、危険性のある機械を操作する人、または近くにいる人を防護するための要求事項、装置、方法について述べています。

機械安全は、あらゆるセーフティプログラムの重要な機能であり、作業者、製造者、雇用者に多面的な効果をもたらします。

- 負傷による欠勤を減らします(最終的に生産性が向上)。
- 雇用者の責任を軽減します。
- 雇用者の安全規格への遵守性を規制機関に示すことができます。
- 機械に防護装置を装備したOEMは、防護装置を備えた使いやすい製品を販売することができます。また、セーフティシステムの統合をコントロールできるため、責任を軽減することができます。

防護装置の効果は明白ですが、機械安全方策の方針決定・実施は簡単ではありません。安全設計担当者はその実施に際し、さまざまな機械のデザイン・作業者のレベルに加え、保守性の維持、参照しなければならない安全規格や関連法規の多さに直面することになるでしょう。

国内、地域、国外の規格制度

安全規格は国外、地域、国内の規格制度に分けられます。それぞれの場合に適用される規格と規制の組み合わせ方は、機械安全担当者の目標によって異なります。たとえば、多くの国々へ発送されるOEM機械は、国外、国内、および地域の要求事項を考慮する必要がありますが、工場内での機械の安全担当者にとっては、社内仕様、および地域の規定の方が重要になるでしょう。

機械安全を扱う規格には、大きく2つのタイプがあります。

- 防護装置の機械への適用を扱うアプリケーション規格
- 防護装置の性能内容を定義する製品別規格

規格制度の基本構造と原則は類似していますが、通常はいくつかの大きな違いがあります。規格機関の多くは、統一規格を目標に作業を進めており、一部の規格制度はすでに別の規格との整合が行われています。

規格の整合化

機械安全を含むすべての標準化分野で、規格制度は整合性に向けた動きを見せています。発展途上国は、独自に規格を開発するよりも、既存の国際規格の方を優先しています。先進諸国はこれまでと同様に、国際制度との調整、あるいは国際制度の採用を継続しています。アメリカ合衆国では、ANSIが中心となって、新しいANSI規格を起草する前に同じ内容の国際規格を評価する方針を進め、ULやNFPAなどの組織間で国際規格の採用や整合が活発に行われています。一方、国際的に認定された試験機関（ULなど）は、世界各国の機関、および標準団体と相互協定を締結し、国際市場向け製品の認証過程の簡素化をはかっています。その結果、若干の変更が行われているもののEN規格が採用され、IEC規格として再発行されています。（一例として、EN 50100の発展があります。これはIEC 1496から最終的に「機械の安全性 ― 電気感知式保護装置」IEC 61496-1に発展しました。）

国際規格の分野を理解する鍵となるのは、まず実際に携わっている組織を理解することです。

欧州連合（EU）諸国は、長年にわたって規格の開発にあたっています。このプロセスはEUが確立する以前から準備が進められていました。早期の段階から主眼を完全に押さえていた結果、欧州規格は国際的な機械安全規格に著しい影響を及ぼしてきました。国内制度と認証規格が国際安全規格に整合すると、欧州規格との整合も実現します。

利用者の利点としては、生産地がどこであろうと、さまざまな情報に基づいて、厳密な規格に沿って認証された安全な装置を入手できることがあげられます。 しかし、地球規模で大がかりな整合化が行われてはいるものの、国内の「国家法」はENやIEC規格とはまったく異なる場合があることを忘れてはいけません。国際市場向けの安全製品を設置した利用者が、各国政府の要求事項により混乱をきたす場合もあります。

アメリカ合衆国の規格システムの構造

OSHAと（理解の定款を通じて）ANSI、および（認証を通して）UL間の正式な関係は、アメリカ合衆国の主な機械安全構造を形成しています。

アメリカ合衆国では、作業員に対する安全装置の使用と設計に関する規格は、職業安全衛生管理局（OSHA; Occupational Safety and Health Administration）によって規制されています。

この政府機関は1970年に設立され、安全な作業環境を維持するための要求事項を定め、行使しています。OSHA設立以前は、産業界はアメリカ規格協会（ANSI; American National Standards Institute）やUL（Underwriters Laboratories）などの機関が開発した任意の業界合意規格に頼っていました。OSHAはANSIとの調整を通じて、アメリカ産業界が開発した任意の合意規格を認め、ULを含む試験機関に認証を与えています。またOSHAは、合意規格団体や認定試験所が開発した特定の規格の使用を奨励しています。たとえば、OSHAは機械に「適切な」防護装置を設置することを要求していますが、防護装置や機械の設計規格は作成していません。OSHAは、機器、装置、または設備の適合性の承認はしません。

ANSI（1918年に設立された民間の非営利組織）は、作業場での機械安全に関連する規格を合衆国に対して最初に提供しました。ANSI B11.1-1926「メカニカルパワープレス ― 構造上の注意と使用に関する安全要求事項」は、それ以後作成されたすべての機械安全規格において、合衆国の先駆的存在です。ANSIは規格の作成は行っていません。製造技術協会（AMT; Association for Manufacturing Technology）、米国ロボット工業会（RIA; Robotic Industries Association）、アメリカ防火協会（NFPA; National Fire Protection Association）などの任意合意団体が作成した規格を管理しています。業界のコンセンサスと規格の内容がANSIの要求に適合している場合、ANSIはその規格を採用し、発行します。ANSI規格に適合するための設計は、製品の適合性を示す共通の方法ですが、強制ではありません。OSHAの場合と同様にANSI機械工具規格に対する第三者承認は、実用面から行われていません。

アメリカ合衆国の大半の機械安全規格、および関連規格はOSHAとANSIに関連したものですが、これとは別に独立して運営される国家認定試験所（NRTL; Nationally Recognized Test Laboratories）も補足規格を作成しています。NRTLは、製品を適切に試験し承認するその能力をOSHAに承認・認定されています。アンダーライターズ・ラボラトリーズ（UL）は、安全装置承認のための適切な規格の作成と採用に、最も積極的に活動してきました。

ULは、装置、システム、原材料からの生命、および資産に対する危険性を試験するために、合衆国火災保険事業者組合によって1894年に設立された民間の非営利検査機関です。ULは、装置のタイプ別に規格を作成しています。ANSIが機械レベルのアプリケーションを扱っているのに対し、ULは対象を絞り込み、特定の項目、または装置の製造に関連した問題を扱っています。

各組織は機械の安全性をサポートする上で特定の役割を担い、正式に他の組織の規格を承認しています。機械の設置場所で実際に行使されている州、および地域法にも注意する必要があります。

他国の国内・地域規格制度と異なり、合衆国には完全に組み立てられ設置されたシステムの安全準拠を認定できる正規団体がありません。準拠の保証責任は、雇用者、設置業者、OEMに委ねられます。

OSHA（政府機関）とANSI、またはUL（業界合意団体）の間で、各々の方針が不明瞭になる傾向にあります。現在、各組織が担っている役割を要約すると、次のようにまとめられます。

- OSHAは、安全な作業環境を雇用者に要求する執行機関です。OSHAの規制では、雇用者に対して適切な規格団体の機械レベル、および装置レベルの規格を使用するように指示しています。

- ANSIは、機械レベルで安全性を適用するためのガイダンスとなる規格の開発を推進しています。ANSI規格B11シリーズは、1922年に草案された初の機械安全規格B11.1「メカニカルパワープレス」を含む、さまざまな機械ツールをカバーしています。
- ULは、安全防護装置の性能と試験要件に関連した規格を開発し、採択しています。

安全防護装置の性能に関する要求事項は、他の産業用の電気器具の性能要求事項と区別されます。特にOSHAとANSIは、歴史的に、装置内で故障が起こった場合でも危険な動きが抑えられる安全システム、および安全装置を要求してきました。この高度な性能を達成するための最も一般的な方法は、安全システム、または安全装置を二重化することと、自己診断機能をとり入れて設計することです。

アメリカ合衆国の規格

合衆国では、「信頼できる制御」の概念が人身保護の真髄です。

OSHA 1910、セクション212では、エリア内の機械オペレータとその他の作業員が、機械の危険な動きから保護されることを要求しています。セクション217のさらなる討議により、危険な機械の周囲で作業をする従業員のために、二重化と自己診断を備えた防護を施すことが、雇用者の責任として明確に強調されています。

現在、合衆国には安全システムとして適用可能な個別の設計規格が数多くありません。ULは安全製品の設計規格を現在発行している唯一の機関であり、その大半はこの数年の間に作成されたものです。製造者に最も有用な規格には、UL 991「半導体デバイスを採用した安全関連制御装置の試験」、UL 61496-1「電気的検知保護装置、パート1」の一般要求事項、UL 61496-2「電気的検知保護装置、パート2」の光学式防護装置の特定要求事項、およびUL 1998「安全関連ソフトウェア」の規格があります。この他に、基本的な規格UL 508「工業用制御機器」は、衝撃、または火災の危険に対する装置の電気的な安全性を確実にしています。

州、および連邦規定 ― OSHA

合衆国内では、最も頻繁にあげられる違反の上位10件に、近年、機械安全の2つのOSHA規定（Title 29, Part 1910, sections 212 and 217）が登場しています。セクション212では、すべての機械の一般的な要求事項について述べられ、セクション217では、メカニカルパワープレスに焦点が絞られています。この「国家法」以外に、いくつかの規格が特定の機械への安全装置の適用をカバーしています。

任意合意規格 ― ANSI、RIA、NFPA

ANSI B11は、最も広範囲の機械に関する、最も詳細な情報を提供しています。（ANSI B11.1「メカニカルパワープレス」などの）特定機械の安全規格は、安全方策を確立する上で機械設計者の指針となっています。これらは雇用者にとって、動作点のアプリケーションに関する1番目のベストな情報源となります。

安全防護装置の適用に対する主要な規格に、ANSI B11.19「他の機械ツール規格に参照される場合の安全防護性能基準」があります。ANSI B11.19は、安全防護の一般的なガイドであり、上記のような特定の機械ツールの規格の補足的なものとなります。

RIA（米国ロボット工業会）は、ANSIと共同で産業ロボット、およびロボットシステムの安全要求事項の原則を述べたANSI/RIA R15.06を作成しています。この規格は、ロボットのアプリケーションにおける情報提供源として貴重なものです。

NFPA（アメリカ防火協会）は、産業機械の一般的な電気規格（NFPA 79）を発行していますが、これもアプリケーション情報を提供しています。

NFPA 79は、これまで多くの国際規格の基礎として用いられ、多くの場合、規範的な引用規格として用いられています。

欧州連合

欧州共同体は、統一化の波の中で、整合性のある有益な地域的規格を作成しました。1980年代、欧州の主要各国は地球規模の経済における地位の衰退を認識していました。中でも、物資が欧州内の国境を自由に移動することができず、貿易はアメリカ合衆国、および環太平洋諸国にシフトしていました。欧州連合（EU）の創設により、欧州の貿易障壁を段階的に除去し、加盟国間で整合性のある規格制度を確立することにより、このような問題への取り組みが行われました。このような整合性のある規格制度の下で、海外の製造業者はEU規格、および指令に準拠する（実際には、欧州経済を保護する）製品設計となるよう、修正を要求されました。EUは、EU加盟国に輸入される機械についてEU規格への準拠を要求しているため、EU諸国への輸出用の設備を製造するEU外の企業は、その国の要求事項の他にEN、またはIECで適用される要求事項も満たす必要があります。

現在、欧州の要求事項への準拠を示すCEマークの表示のない製品を見つけるのが難しいほどです。

機械指令

欧州各国のどの規格、および法律よりも、機械指令（98/37/EEC）は機械安全に大きな影響を持ちます。実際に、機械指令（MD）では、EU諸国に発送される機械、および安全防護装置に対して、健康、および安全性に関する必須要件を満たすことを要求しています。

多くの場合、機械、または安全防護装置の適合性を調べるために、EUの認証機関（Notified Body）による第3者試験を行う必要があります。欧州指令は、一般的な要求事項を定めた法律であり、設計者の準拠作業を支援する個別の規格ではありません。製品は、特定規格の試験が行われた後、該当する指令への適合が証明されます。

欧州規格

EUは、機械の安全性に関して、安全の原則と要求事項を指定した包括的な規格制度を開発してきました。EUとの契約の下で、欧州標準化委員会（CEN）と欧州電気技術標準化委員会（CENELEC）の2機関が、機械の安全規格の開発調整に主な役割を担っています。機械安全を実行するために、4つの基本的な規格が用いられます。

- タイプA ― すべての機械の基本規格
- タイプB1 ― 特定の手続き、または安全側面の規格
- タイプB2 ― 特定の安全防護装置の設計に対する規格
- タイプC ― 特定の機械に対する規格

機械製造業者は、設計に安全性をとり入れるために4つの規格すべてが必要になる場合があります。たとえば、プレス機の製造業者が使用する規格として、

- 機械（C）規格として、EN 693「液圧プレス」
- 基本（A）規格として、EN 1050「リスクアセスメント」
- 安全性側面の（B1）規格として、EN 954-1「制御システムの安全関連部品」
- 安全防護装置（B2）規格として、EN 574「両手操作コントロール」

があげられます。

欧州の機械安全規格は非常に徹底したものであるため、海外、国内、および企業レベルで常にとり入れられています。先進国も途上国も、欧州規格との調和をはかり、世界貿易を進め、作業の重複化を避けています。

（接頭語"pr"は、欧州規格が暫定的なものであることを示しています。）

欧州承認と文書化

EUに輸出する製品製造業者は、CEマークを添付する前に、規定された適合性評価プロセスを実行する必要があります。この適合性評価では、以下が行われます。

- 特定の指令、および特定のEU規格を満たして設計する。
- 適合を確認するため、製品を自己テストする。
- 適合を証明するテクニカルファイル（Technical File）をマニュアルに添付する。

テクニカルファイルには、一般に指示書、図面、試験データ、証明書、手順が収められ、製造業者、または正規代理店は、当局から製品の適合性について問い合わせがあったときのために、それを保管する必要があります。製品の非適合が判明すると、罰金を科せられるか、市場から強制的に撤退させられます。

一部の製品は、第3者証明を必要とします。第3機関による認証では、最低でも、EU認証機関による製造業者のテクニカルファイル評価が要求されます。認証機関は、EC式試験証明、または適合証明を付与する前に、特定の試験を実施する場合もあります。機械指令では、認証機関による承認が要求される機械、および複雑な安全装置が非常に多く、またすべてのCE表示製品に適合宣言書（Declaration of Conformity）を添付する必要があります。（安全エリアセンサなど人体用安全防護装置の場合、義務的な証明書 ― Mandatory Certification ― が要求されます。）適合宣言書には、製品の型、タイプ、適用規格、製造者名、および住所がリストされています。

CEマークは、EU加盟国内での自由な製品の動きを保証する義務的な行政上の表示です。基本的な「入国チケット」であるこのマークは、関連する指令の要求事項を満たしていること、また必要とされる適合評価手順が行われていることを、製造者が知らせるものです。

国際規格

国際的な安全規格の項目は、各国が独自に安全基準を定めているために混乱状態にあります。整合性のとれた国際規格が存在すると、利用者が生産地に関わらず、均一の品質、および機能用件を満たした各社の製品を選択でき、また製造業者も共通のデザインで多くの市場に参入するできるという双方にメリットがもたらされます。機械の安全性には、国際電気標準会議（IEC; the International Electrotechnical Committee）と国際標準化機構（ISO; the International Standardization Organization）の2機関が重要な役割を果たしています。各参加国の市場における地域、および国内制度は正式な関係を通じて、国際規格の開発に影響を及ぼします。合衆国では、全米委員会（USNC; the United States National Committee）と国際諮問委員会（IAC; International Advisory Committee）が監督するANSIの技術諮問グループ（TAG; Technical Advisory Group）を通じて、前記機関に関与しています。同様に、CENとCENELECが国際レベルでの欧州連合の参加を調整しています。

安全システムの性能

安全システムの制御に要求される性能の完全性は、製造管理と品質システム管理で用いられるものとは異なります。多くの場合、安全制御システム（安全防護装置、リレー、アクチュエータなどのコンポーネントとその間の配線を含む）は、そのシステム内で故障が起こった場合に安全な状態にならなければなりません。

安全システム設計の高度な完全性要求を達成するために、バックアップ、およびコンポーネントの故障検出用に二重化と自己診断機能が用いられています。故障には、配線回路のショート、またはオープン、回路コンポーネントの溶着、またはショート、電源異常、電気、または磁気干渉、バルブの詰まりなどがあります。機械、または操作に伴うリスクレベルに応じて、適切なレベルの安全制御回路性能を設計にとり入れる必要があります。安全システム性能のレベルを詳細に扱った規格に、ANSI/RIA R15.06-1999「産業用ロボットおよびロボットシステムに関する安全性要求事項」とEN 954-1「制御システムの安全関連部品」（ISO 13849-1）があります。

回路の安全性レベル

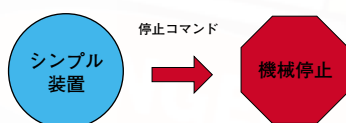
安全制御回路は、故障時の安全性を維持できるかどうかに応じて、いくつかのカテゴリーに分類されています。機械の安全システム設計の安全性レベルを扱った最も有名な規格に、EN 954-1「制御システムの安全関連部品」（ISO 13849-1）があります。この規格は、最低レベルの安全カテゴリーBから最高レベルの安全カテゴリー4の5つのレベルを規定しています。

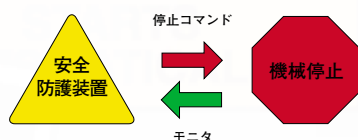
合衆国では、安全システムの整合性を明確に示すレベルは、「信頼できる制御（control reliability）」1つだけです。一般にANSIもOSHAも「信頼できる制御」の要求事項を、オペレータがパーツを装着、および取り外しを行う機械の動作点に適用してきました。「信頼できる制御」では、通常は二重化制御、および自己診断回路を内蔵させることで、安全な作業環境を維持しています。二重化により、故障が1度発生すると必ず機械が停止し、さらに自己診断機能が発生した安全回路の故障を確実に検出し、安全システムが適切に反応できるようにします。

安全カテゴリー4のアプリケーションは、通常、二重化と自己診断の使用を要求するため、合衆国の規格である「信頼できる制御」に匹敵するものと考えられます。しかし、次のような大きな違いに注意する必要があります。すなわち、安全カテゴリー4のアプリケーションでは、システムの次のサイクルへの移行時、あるいはその前に故障を検出することが求められます。一方、「信頼できる制御」では、システムが危険な動作を安全に停止できるかぎり、システムの次のサイクル間に故障を検出できればよいのです。したがって、安全カテゴリー4のアプリエーションは、常に「信頼できる制御」の要求事項を満足しますが、その逆は該当しないこともあります。

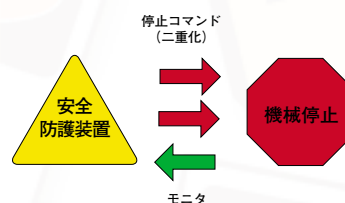
アプリケーションが、ENが定義する下位レベルの安全ガイドラインを満たしていても、合衆国の合法的な要求事項を満たしていない場合があります。しかし、最近のANSI/RIA R15.06-1999「産業用ロボットおよびロボットシステムに関する安全性要求事項」は、リスクアセスメントと複数レベルのシステムの安全性をとり入れており、この中では最低レベルがシンプルシステム、最高レベルが「信頼できる制御」システムと定義されています。

回路の安全性のレベルに関する以下の一般的な説明は、特定の規格を扱ったものではありません。一般的な規則として、負傷のリスクが高くなると、安全システムに高いレベルの安全性が求められます。

ベーシック：設置、または組み込まれる環境に耐えられるよう、関連する規格に従って設計された非安全関連部品を使用できます。二重化は必要とされません。システムは、システム内の単一の故障で危険な状態に陥る場合があります。

シングルチャンネル：安全関連の部品は、実証済みの原理、および設計と組み合わされて用いられます。二重化は必要とされません。システムは、システム内の単一の故障で危険な状態に陥る場合があります。

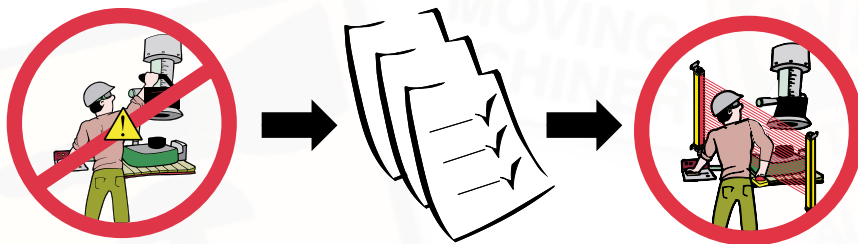
モニタ付きシングルチャンネル：安全関連の部品が使用され、適切な間隔でシステムが定期的に診断を受けます。定期的な診断は、通常の運転中、および起動時に自動的に、または手動で行われます。故障が検出されなければ、通常の運転が許可されます。危険な故障が1箇所でも検出されると、システムは安全な状態に戻るか、危険な状態であることを表示します。

デュアルチャンネル：二重化システムでは、単一の故障が発生しても、独立したもう一方の回路が危険な動きを抑えることができるため、危険な状態に陥ることがありません。システムにとっては、すぐに故障を検出できるのが最良なのですが、技術上、またはコンポーネントの制約上、実用的でない場合があります。クリティカルな故障が検出されないまま運転が続くと、第2の故障が引き続き発生した場合、最終的に安全機能が損なわれる可能性があります。

デュアルチャンネル安全システムの安全性をさらに高めるため、多様重複性がとり入れられています。多様重複性システムでは、独立した二次チャンネルは一次チャンネルと異なる機能を持ちます（たとえば、一次チャンネルはノーマルオープン、二次チャンネルはノーマルクローズなど）。

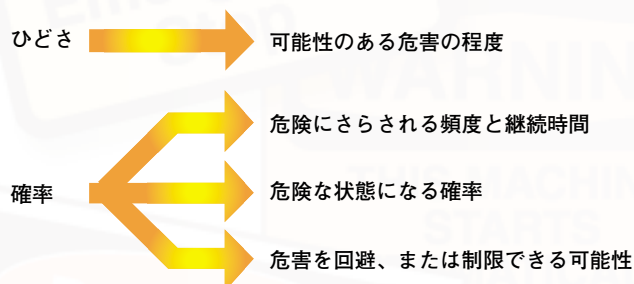
モニタ付きデュアルチャンネル：二重化と完全に組み込まれた診断機能を併用することで、高いレベルの安全システム設計が実現します。単一の故障では安全機能の喪失に至らず、即時、またはシステムの次のサイクル開始時にどのような故障でも検出されます。システム内で安全に関わる故障が検出されると、故障が修正されるまで安全状態が維持されます。単一の故障が検出された後、迅速に安全状態に達するため、危険な故障の原因になるような関連性のない複数の故障が両チャンネルで発生する可能性は、統計学上非常にわずかです。

安全システムのモニタ方法は、システム内で使用されるコンポーネントに依存します。たとえば、リレーやセーフティ・インターロックスイッチなどの一部の機械式デバイスでは、機械の運転中に危険な故障を頻繁に監視することはできないため、慎重なテスト、または点検手順を実施して、適切に反応するかどうかを調べる必要があります。

リスクアセスメント

合衆国では、安全防護に要求されるレベルを判断する場合、危険が認められる場合は経験則から可能な限り高いのレベルにするとされています。欧州やその他の市場では、特定のアプリケーションに必要とされる安全防護レベルの判断にリスクアセスメントが使用されます。

リスクアセスメントは、機械の危険性評価など、多くの用途で確立したプロセスになっています。個別の手順としては、FTA（故障の木解析）やFMEA（故障モード影響分析）があります。機械の安全性については、リスクアセスメントは特定の機械、またはプロセスにおける危険性の特定、マニュアル化、削除、または低減に使用されます。リスク評価を扱った規格には、ANSI/RIA R15.06-1999「産業用ロボットおよびロボットシステムに関する安全性要求事項」とISO 14121（EN 1050）「リスクアセスメントの原則」があります。ISO 14121（EN 1050）とISO 13849-1（EN 954-1）では、リスク評価のプロセスを概略化し、安全装置のカテゴリーを指定しています。

安全性に要求されるレベルを決定するために、リスクアセスメントでは、予測される負傷の程度、そのような負傷にさらされる頻度、作業者が負傷を回避する可能性などの要因が考慮されます。

ひどさ → 可能性のある危害の程度

確率 → 危険にさらされる頻度と継続時間
確率 → 危険な状態になる確率
確率 → 危害を回避、または制限できる可能性

リスクを見積もる際に重点が置かれるのは、全作業員が行う作業、作業員の知識、訓練、経験、また安全措置を無効にしたり、安全手順を無視する可能性などの要因です。問題のあるエリアが特定され安全措置（手順、安全防護装置、訓練、警告）が提案されると、その解決策を評価してリスクが許容レベルまで取り除けるか、あるいは低減できるかを判断する必要があります。危険のリスクレベルに応じて、安全システムとそのコンポーネント（装置、配線、アクチュエータ）の信頼性と性能のレベルが評価されます。

総論

特定の機械設計の安全防護要求事項への対処方法を決定するのは、以下のようないくつかの要因に依存します。

- どの運転モードで機械が使用されるか
- オペレータ、その他の作業員がどのように機械を取り扱うか
- 機械制御機能はどのようなものか
- 特定の危険性が示す危害の程度

問題のあるエリアと機械の制約が特定されると、適切な防護技術を選択することができます。世界各国の安全規格制度の統一が進んでいるため、意思決定プロセスはより理解しやすいものになっています。安全性の原則と要求事項に対する理解もますます高まっているため、世界は以前よりも安全に働ける場所になっています。

安全システムのインターフェイスの実用ガイド

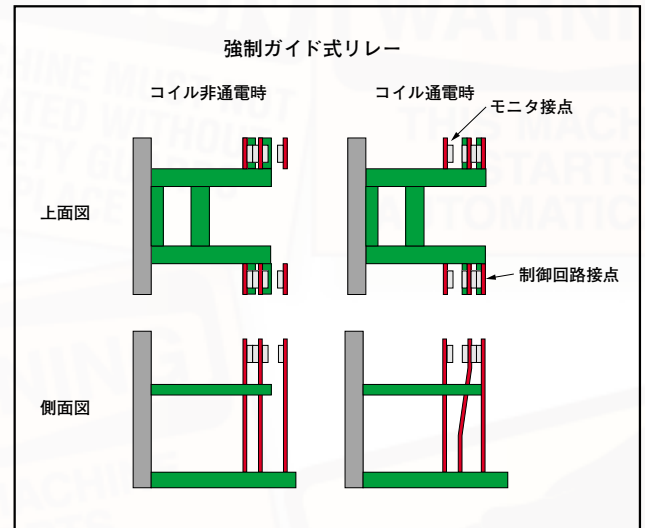
安全システムのモニタリング

機械制御システムと安全システム（セーフティエリアセンサ、セーフティ・インターロック、非常停止ボタンなど）とのインターフェイスにおける最重要ファクタに電気回路があります。インターフェイス回路は、二重化回路、またはモニタ機能、あるいはその両方を備えている必要があります。要求されるモニタ方式は、安全装置の種類と複雑さによって異なります。

安全装置そのものが適切に稼動していることをモニタリングするだけでなく、機械と個々の安全装置の間で、危険な動作の抑制を直接担っている制御装置（コンタクタやバルブなど）が、正常に機能しているかどうかも点検することが重要です。一般的には、安全防護システムにモニタ入力を装備することで上記の問題が解決できます。このモニタリング・フィードバック機能は、一般には機械一次制御要素（MPCE；Machine Primary Control Element）モニタリング、または外部デバイスモニタリング（EDM；External Device Monitoring）と呼ばれます。

このモニタリングを確実なものにするために、安全制御要素の状態を正確に反映するノーマルクローズのフィードバック用接点をシステムに接続する必要があります。モニタリングされるリレー、またはコンタクタは、強制ガイド式（機械式連動）をとり入れた設計が必要です。危険な動きの制御に使用されるノーマルオープンのセーフティ接点は、ノーマルクローズのモニタ接点と確実に連動していなければなりません。

強制ガイド式は、ノーマルオープンのセーフティ接点が溶着すると（危険な動きを制御できなくなると）、リレーコイルの通電が停止したとき、ノーマルクローズのモニタ接点がクローズ状態に戻りません。このオープンした状態のモニタ接点が、安全システム内の故障を知らせます。（汎用のリレーは、このかぎりではありません。モニタすることが不可能であるため、安全回路内で使用することはできません。）高度な安全システムの信頼性を高めるために、回路を二重化します。片方の制御要素が溶着すると、もう片方のバックアップ制御要素が停止信号を発信します。

強制ガイド式リレーの構造を以下の図に示します。個々のアプリケーションの安全設計要求事項と機械の種類により、最終制御要素（バルブ、サーボモーター、クラッチ／ブレーキシステム）も適切に機能するかモニタリングが必要になる場合があります。

以下の電気インタフェースのガイドラインは、バナー・エンジニアリングが提供するさまざまな安全防護装置に適用されます。この情報は一般的なものです。製品別の配線情報については、このカタログ後ろのAppendix（P.245～）の該当するページをご参照下さい。

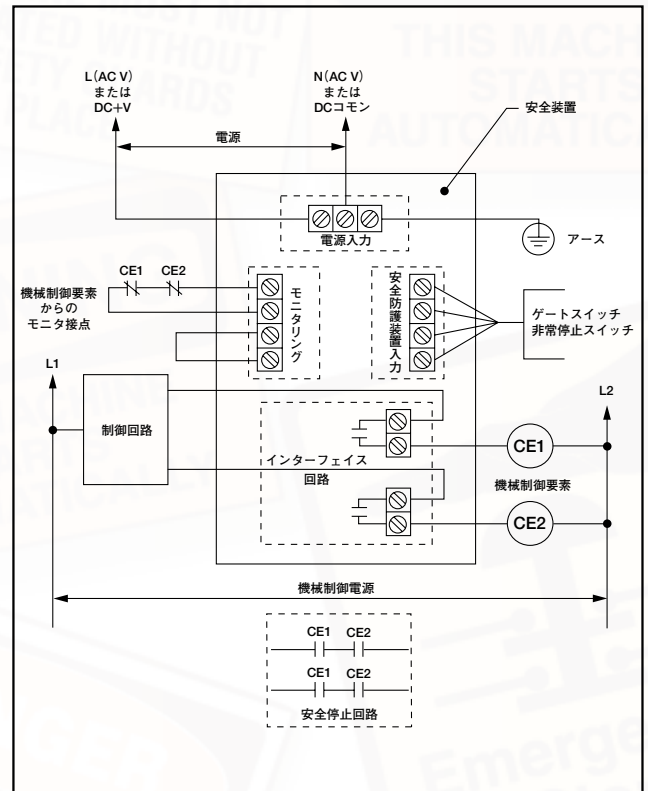
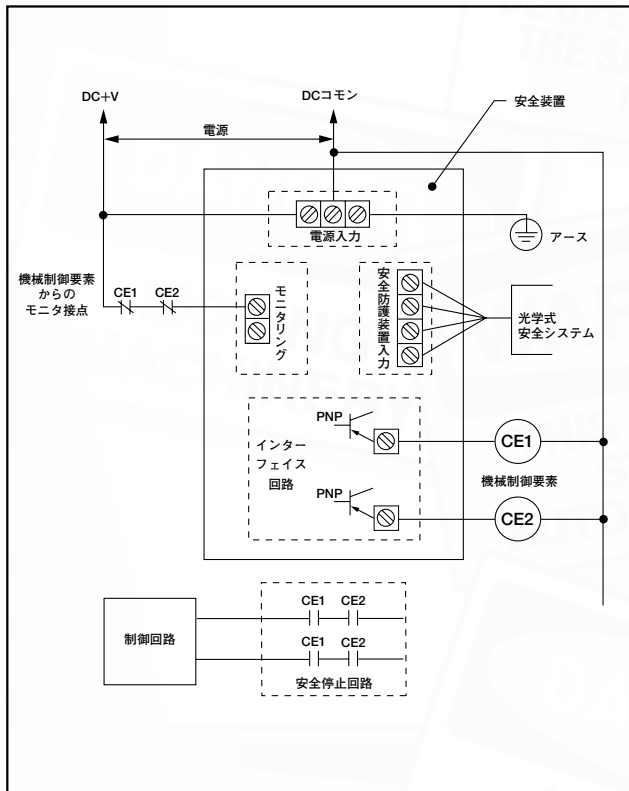
シングルチャンネルモニタリング

シングルチャンネルモニタリングは、両手操作コントロール、非常停止、およびゲートモニタリング・セーフティモジュールなどのディスクリートコンポーネントの設計の基本的な安全システムに共通しています。各安全制御要素のノーマルクローズ接点は、安全防護装置のモニタ入力に直列に接続されフィードバックされます。安全防護装置は、二次ターミナルを通じた電流の帰線を備えており、停止コマンドが出た後、次のサイクルが開始されるまでに入力接点が閉じられなければなりません。安全エリアセンサなど、高度なマイクロプロセッサを内蔵している場合、タイミングをチェックし、モニタ入力が閉じているかどうかの他に、次のサイクルが開始する前に一定の時間内にモニタ入力が閉じられるかどうかを確認します。

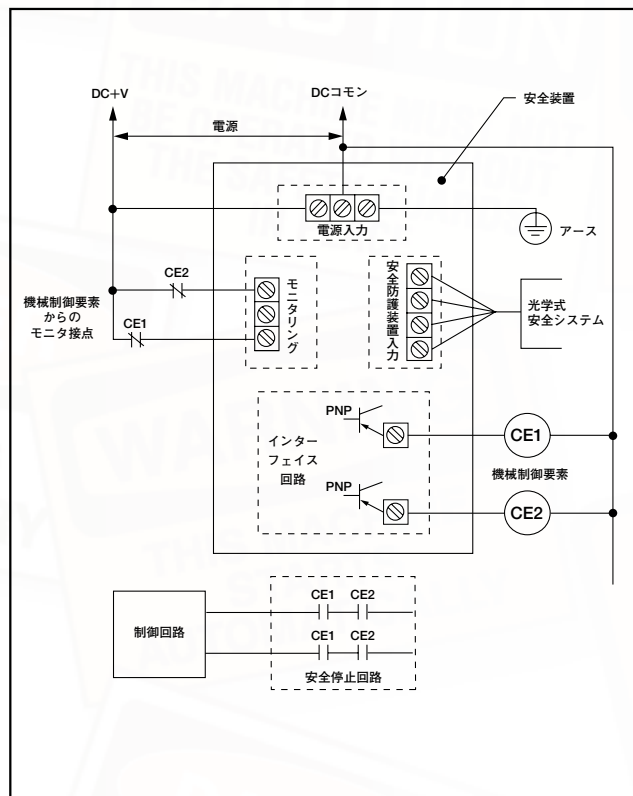
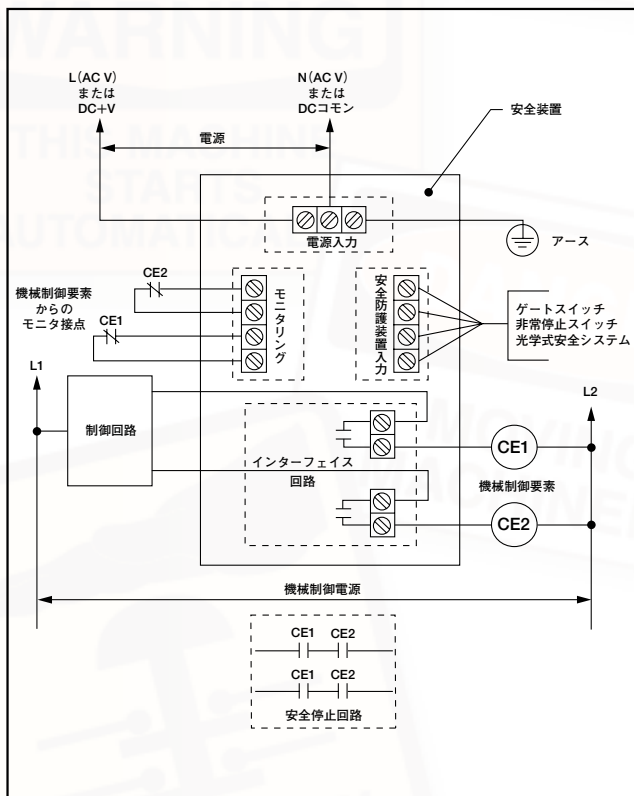
L(AC V)
または
DC+V
N(AC V)
または
DCコモン
電源
安全装置
電源入力
アース
機械制御要素
からの
モニタ接点
CE1
CE2
モニタリング
安全防護装置入力
ゲートスイッチ
非常停止スイッチ
両手操作コントロール
光学式安全システム
L1
L2
制御回路
インターフェイス
回路
CE1
CE2
機械制御要素
機械制御電源
CE1 CE2
CE1 CE2
安全停止回路

通常はターミナルの数が制限される場合、システムリセットと外部デバイスモニタリングが1つの入力に接続されることがあります。このようなシステムでは、停止信号の後にラッチする必要があります。ラッチによって、リセットボタンを押して離すまで、セーフティ出力が開いた状態に維持されます。

シングルチャンネルモニタリングは、ソリッドステートセーフティ出力を装備したDC電源システムで使用されるものがあり、これは安全防護装置の入力ターミナルを1つしか使用しません(左下の図をご参照下さい)。これによって、設置が簡単に行え、必要なターミナル数も最小に抑えられます。安全制御要素のノーマルクローズ接点は、DC電源からモニタ入力に直列に接続されます。

右下の図は、シングルチャンネルモニタリング構成のセレクタブルモニタリング付き安全装置を示しています。ここでは、モニタリングされる信号は、安全装置から供給されます。

デュアルチャンネルモニタリング

デュアルチャンネルモニタリングは、安全関連の多くのアプリケーションの標準になってきており、バナー・エンジニアリングの新製品にも多くとり入れられています。安全制御要素を個別に監視することで、診断を通じてどの装置が故障したのかを検出し、報告することができます。この場合、故障したコンポーネントをすばやく特定し、交換できるため、機械の生産性が向上します。

ソリッドステートセーフティ出力を装備したシングルチャンネルDCシステムと同様に、要求されるターミナル数を減らすことができ、制御要素のノーマルクローズ接点の片側をDC電源に接続することで設置が簡単になります（右下の図をご参照下さい）。

電力のモニタ

従来から、安全関連の制御装置のモニタリングは、安全防護装置の電力供給を通じて行われていました。各制御要素の状態を比較するために、各要素のノーマルクローズ、およびノーマルオープンのフィードバック用接点の各1つを直並列に接続し（下図参照）、モニタ回路を構成していました。（安全停止回路のノーマルオープンセーフティ接点が溶着するなど）いずれかの制御要素が危険な故障状態に陥ると、電源のモニタ回路の不一致により安全エリアセンサの電源が遮断されます。安全エリアセンサの電源回路は、制御要素の状態が変化する通常の動作に耐えられるように設計されています。

技術の進化により、安全システムの性能を統一するための方法がより高度化され、実装しやすくなるでしょう。